دکتر محمد جعفر زمردیان

چشمه گرو، پدیده‌ای هیدرومورفوتکتونیک با فرآورده‌های ژئومورفیک استثنایی

چکیده

چشمه گرو، یکی از پدیده‌های جالب و استثنایی "هیدروژئومورفیک" و "هیدرومورفوتکتونیک" است که در محدوده‌ی **۳۳** کیلومتری جنوب شهر مشهد قرار دارد. بر اثر فعالیّت این چشمه در طی کواترنر، توده‌های حجیم و وسیع تراورتنی رسوب کرده‌اند که از نظر مورفولوژی، لندفرم‌های بسیار جالبی را به نمایش گذاشته‌اند. از جمله می‌توان به مخروط‌های به وجود آمده شبیه مخروط‌های آتشفشانی (با دهانه‌های کراتری)، اشکال مینیاتوری، ریزآبشارها و امثال آن اشاره نمود. هرچند این پدیده‌های ژئومورفیک در طول دوره‌های بارانی کواترنر شکل گرفته‌اند، اما هم اکنون برخی از آنها فعّال بوده و تحوّلات ژئومورفولوژیک را تجربه می‌کنند. در مورد منشأ پیدایش این چشمه و لندفرم‌های حاصل از آن، نظریّات متفاوتی ارائه شده است، از جمله این که برخی از صاحب‌نظران آنها را به عملکرد آتشفشان‌ها نسبت می‌دهند، گروهی نیز این پدیده را به برخورد شهاب‌سنگ‌ها نسبت می‌دهند، ... و برخی نیز آن را جزو چشمه‌های گسلی به شمار می‌آورند. نوشتار حاضر به دنبال آن است که پاسخ مناسبی را در خصوص چگونگی پیدایش این چشمه و لندفرم‌های حاصل از آن ارائه نماید.

کلیدواژه‌ها: چشمه، چشمه گرو، هیدرومورفوتکتونیک، ژئومورفیک، فرآورده.

درآمد

چشمه‌ها را می‌توان از دو دیدگاه علمی "هیدرولوژی" و "ژئومورفولوژی" مطالعه و بررسی نمود. از دیدگاه هیدرولوژی، چشمه عبارت است از خروج و ظهور طبیعی آب زیرزمینی در نقطه‌ای از سطح زمین، که می‌تواند دارای خواص و ویژگی‌های آب شناختی منحصر به خود باشد. لذا در هیدرولوژی، عمدتاً خواصّ فیزیکی و شیمیایی آب چشمه (مانند: دبی، مزه، درجه‌ی شوری، نوع و میزان املاح، عناصر شیمیایی موجود در آب،

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۲/۱۹   تاریخ تصویب:۸۷/۸/۲۶

دمای آب، وزن مخصوص و درجه‌ی سختی آب، تداوم جریان و...) حالات آب (مثل: رنگ، بو، طعم و ...) مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

از دیدگاه ژئومورفولوژی، نه تنها به چگونگی و علّت پیداش چشمه در قالب فرایندها و لندفرم‌های ژئومورفیک (همانند: فعالیّت‌های آتشفشانی، تکتونیکی، ساختمان ناهمواری و سطوح لایه‌بندی زمین...) توجه می‌شود، بلکه مورفولوژی محل ظهور چشمه (مورفولوژی بستر و پی سنگ) و نیز پیامدهای ژئومورفیک حاصل از عملکرد آن (مورفوژنز[1]، لیتوژنز[2] و تحجر و ...) و بالاخره تبارشناسی و تعیین نوع چشمه (آتشفشانی، گسلی، ژیزریک[3]، کنتاکتی و ...) و امثال آن مورد بررسی و ارزشیابی قرار می‌گیرد. شایان ذکر است که ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی مزبور در خواصّ هیدرولوژیک چشمه نیز تأثیر زیادی دارد.

علاوه بر دو دیدگاه بالا، که عمدتاً به مطالعات بنیادی، منشأ و ماهیت چشمه معطوف می‌شود، این پدیده به لحاظ کاربردی و از نظر اقتصادی (تأمین منابع آب)، بهداشتی (آب درمانی)، تفریحی (اکوتوریسم و طبیعت گردی) و غیره نیز می‌تواند مورد توجه و بررسی برنامه‌ریزان، سیاست گزاران و مسؤولان اجرایی قرار گیرد.

چشمه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه، معروف به چشمه گرو، هم به لحاظ بررسی‌های علمی و بنیادی و هم از جنبه‌ی کاربردی در خور توجّه‌اند، اما در این نوشتار عمدتاً از دیدگاه ژئومورفولوژی و در قالب مطالعات بنیادی، مورد بحث و کنکاش قرار می‌گیرند.

موقعیّت و مقرّ چشمه گرو

منطقه‌ی مورد مطالعه، با مختصات جغرافیایی و ریاضی ″۵۰ و ′۵۹ و °۳۵ - ′۵۹ و °۳۵ شمالی و ″۲۵ و ′۳۸ و °۵۹ - ′۳۷ و °۵۹ شرقی، در حاشیه‌ی شمال شرقی ایران زمین جای گرفته، و بر پایکوههای جنوب شرقی رشته کوه بینالود به گونه‌ای تکیه زده که ناظر بر یک دشت فرو افتاده است. فرازای این منطقه نسبت به سطح دریاهای آزاد، به طور متوسط ۱۳۳۰ متر برآورد می‌شود.

---

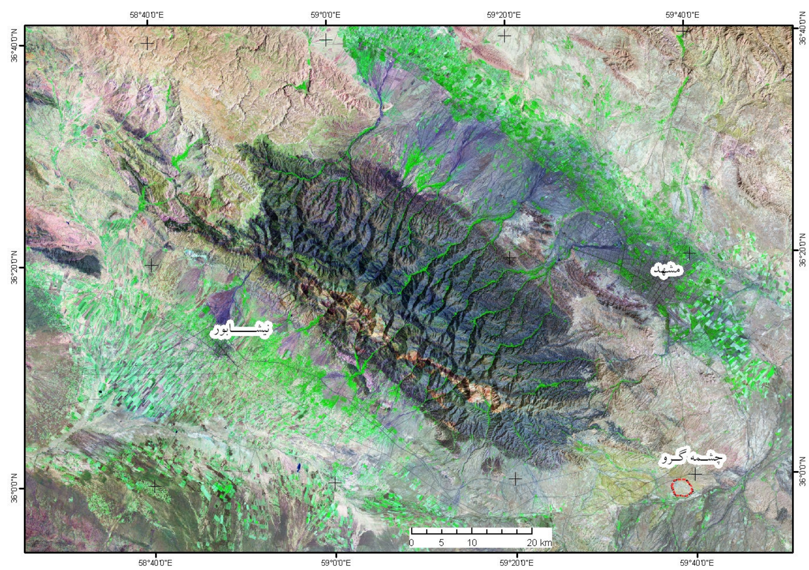
۱. Morphogenese

۲. Lithogenese

۳. Geyseric

منطقه‌ی چشمه گرو در جنوب مشهد و بخش انتهایی اتوبان مشهد ـ باغچه واقع شده و فاصله‌ی هوایی آن تا مشهد به خط مستقیم ۳۳/۳ کیلومتر است. این منطقه متعلّق به بخش مُلک‌آباد (از توابع شهرستان مشهد) بوده و مناسب‌ترین راه دسترسی به آن همان اتوبان مشهد ـ باغچه است. (فاصله‌ی هوایی یک کیلومتر در شرق جاده نیشابور به مشهد) به گونه‌ای که در محلّ پلیس راه باغچه، جادهّای فرعی و لیکن آسفالته و به طول ۴ کیلومتر ما را به سمت شرق و شمال شرق و به سوی چشمه گرو هدایت می‌کند.

شکل شماره ۱. تصویر ماهواره‌ای لندست که موقعیّت چشمه گرو را نمایش می دهد.



وجه تسمیه‌ی چشمه گرو

چشمه‌ی مورد مطالعه، در منابع مختلف، با عناوین گوناگون، مانند: "چشمه باغچه"، "چشمه گراب"، "چشمه گراو" و "چشمه گرو" معرّفی شده است. عنوان اخیر که رایج‌تر بوده و عمدتاً توسط اهالی منطقه و به واسطه‌ی خواصّ آب چشمه مطرح شده، به دو گونه قابل تفسیر است. نخست آن که چوپانان و ساکنان بومی و محلّی معتقدند آب این چشمه برای گوسفندانِ مبتلا به بیماری گری (گوسفندان گر) شفابخش بوده و آنان را

درمان می‌کند. حتی روستائیان و ساکنان محل که دارای بیماری‌های پوستی نظیر چروکیدگی ناشی از پیری زودرس هستند، برای درمان پوست خود از آب چشمه بهره می‌برند. دوم این که واژه‌ی "گرو" می‌تواند مخفّف "گرم‌او" باشد که به گویش محلّی به معنای "گرم آب" (آبگرم) خواهد بود. شاخص‌های هیدرولوژیک نیز چشمه گرو را در گروه چشمه‌های آب گرم قرار می‌دهد و می‌تواند مؤیّد مطلب بالا باشد (زمردیان، ۱۳۸۵: ۸۴).

ژئومورفولوژی عمومی منطقه‌ی چشمه گرو

همان‌گونه که قبلاً اشاره شد، چشمه گرو در پایکوههای جنوب شرقی رشته‌کوه بینالود واقع شده است. بنابراین به لحاظ ویژگی‌های زمین شناختی، بخشی از زون‌بینالود به شمار آمده و از جهت محلّی نیز روی آبرفت‌های قدیمی کواترنر (Qt_1) استقرار یافته است. فراتر از آبرفت‌های مذکور، در شمال، شرق وجنوب چشمه، هاله‌ای از کنگلومرای ریز بافت نئوژن با سیمان ضعیف به چشم می‌خورد. پس از آن آبرفت‌های جدید کال شور، و در قسمت غرب و جنوب کال نیز ماسه سنگ و کنگومرای قرمز ریزبافت (الیگوسن) حضور یافته است. فعالیّت چشمه‌ی مذکور در این ناحیه نیز تراورتن‌های ضخیم لایه‌ای را روی سازندهای آبرفتی قدیمی ذکر شده بر جای گذاشته است.

از نگاه ژئومورفولوژی ساختمانی، رشته کوه بینالود، از نوع چین‌خوردگی‌های تراستی و رورانده است، که تحت تأثیر فشار و فرارانش پلاتفرم توران به سوی جنوب غرب و ایران مرکزی، چین‌خورده و بالا آمده است. این رشته کوه به واقع یک نوار چین خورده و شکسته از نوع نازک پوسته‌ای و به صورت زمین‌ساخت‌های پوسته‌ای نازک[1] تجلّی یافته است (زمردیان، ۱۳۸۵: ۲۰۶ و علوی، ۱۹۹۲: ۳۶۴). به این ترتیب، مهمترین ساختمان‌های تکتونیکی بینالود عمدتاً از گسل‌های تراستی تشکیل شده که با توجه به جهت راندگی‌ها (NE ↔SW)، روند تمام گسل‌های مذکور NW- SE (N۱۳۵°) و موازی با رشته کوه بینالود است. این راندگی‌ها بیانگر کوتاه‌شدگی در راستای شمال شرق ـ جنوب غرب بوده و تحت تأثیر یک میدان استرس انقباضی منجر به تشکیل گسل‌های امتداد لغز و شکستگی‌های کششی نیز شده است. تراست‌های کواترنر و فعالیّت‌های

۱. Thin- Skinned Tectonic

زلزله‌ای عصر حاضر در ناحیه‌ی بینالود، نشان می‌دهد که فرایند کوتاه‌شدگی هنوز ادامه دارد. (زمردیان، ۱۳۸۵: ۲۰۸).

علاوه بر گسل‌های تراستی متعدّدی که در امتداد بینالود و به موازات یکدیگر حضور دارند، در مناطق پایکوهی و دشت‌های مجاور بینالود و نیز در امتداد پایکوههای رشته کوه کپه‌داغ ـ هزارمسجد گسل‌هایی با همان روند NW- SE وجود دارند، که اساساً از نوع "امتداد لغزی راستگرد" هستند. مهمترین گسل‌های منطقه از شمال مشهد تا جنوب آن عبارت‌اند از (بربریان و همکاران، ۱۹۹۹):

۱. گسل کشف رود ـ توس، که از شمال غرب چناران با روند شمال غربی ـ جنوب شرقی شروع شده و در حوالی شمال مشهد به دو شاخه شده و به سمت جنوب شرق تداوم می‌یابند. شاخه‌ی شمالی با همان عنوان کشف‌رود و شاخه‌ی جنوبی به عنوان "گسل توس" معروف است. این گسل‌ها از نوع تراستی بوده و طول گسل اصلی (همراه با شاخه شمالی) ۱۵۰ کیلومتر و طول گسل توس ۸۵ کیلومتر است.[۱] چند شاخه‌ی فرعی نیز جمعاً به طول ۷۵ کیلومتر در مجاورت گسل کشف‌رود وجود دارد.

۲. گسل چناران ـ مشهد، که به موازات کشف رود از غرب و شمال غرب چناران شروع شده و از جنوب شهر چناران عبور کرده تا به جنوب شهر مشهد می‌رسد و از آن پس با عنوان گسل مشهد به سمت جنوب، جنوب شرق ادامه می‌یابد. این گسل از نوع تراستی بوده و همراه با چند شاخه‌ی فرعی کوچک، ۱۷۵ کیلومتر طول دارد.

۳. سیستم گسلی سنگ بست ـ شاندیز، که از سه خط واره‌ی گسلی با انشعابات و گسل‌های فرعی موازی تشکیل شده و از نوع تراستی است. طول این سیستم جمعاً در حدود ۳۶۵ کیلومتر و طول گسل اصلی آن ۹۰ کیلومتر است. این سیستم در جنوب مشهد و در امتداد پایکوه شمالی بینالود واقع شده است. مشخصّات و ویژگی‌های سایر گسل‌های منطقه در جدول زیر بیان شده است:

جدول شماره ۱. ویژگی‌های اساسی گسل‌های مهمّ ناحیه‌ی بینالود و پیرامون[۲]

ردیف	نام گسل و انشعابات	موقعیّت گسل	نوع گسل تراستی ـ امتدادلغزی	انشعابات و سیستم گسلی	طول تقریبی Km	روند مورفوتکتونیکی (روند کلی)
۱	سیستم گسلی گوچگی Guchyi F.	جنوب کپه داغ	امتداد لغز راستگرد	۱۶ شاخه فرعی با روند غالب شمال غربی	اصلی ۶۵ جمعاً ۳۷۵	NW-SE
۲	گسل امرودک Amrudak F.	جنوب گسل گوچگی	امتداد لغز راستگرد	دارای دو شاخه فرعی به طول ۲۵ کیلومتر	اصلی ۶۵ جمعاً ۹۰	NW-SE
۳	گسل سُرخده Sorkhdeh F.	در ادامه گسل امرودک و متصل به آن	تراستی	دارای دو شاخهٔ فرعی به طول ۲۵ کیلومتر	اصلی ۶۰ جمعاً ۸۵	NW-SE
۴	گسل بوژان شمالی North Buzhan F.	در بینالود و جنوب سنگ بست شاندیز	تراستی	در جنوب شرق به سیستم سنگ‌بست شاندیز متصل می‌شود	اصلی ۷۵	NW-SE
۵	گسل بوژان Buzhan F.	در بینالود و جنوب گسل بوژان شمالی، بصورت یک سیستم گسلی	تراستی	در جنوب شرق به بوژان شمالی می‌پیوند و دو شاخهٔ فرعی با روند شرقی غربی نیز دارد (به طول ۲۰ کیلومتر)	اصلی ۷۰ جمعا ۹۰	NW-SE
۶	گسل برف ریز شمال North Barfris F.	در بینالود و جنوب گسل بوژان	تراستی	در جنوب شرق به گسل بینالود می‌پیوندد	اصلی ۵۰	NW-SE
۷	سیستم گسلی بینالود* Binalud F.	در امتداد خط الراس بینالود	تراستی	دارای چند شاخه‌ی فرعی به طول ۸۷	اصلی ۱۱۰ جمعا ۱۹۷	NW-SE
۸	گسل مانیسک Manisk F.	در امتداد گسل بینالود با انحراف به سمت شمال	تراستی	–	اصلی ۳۵	NW-SE
۹	گسل شمالی نیشابور North Neyshobur F.	در پایکوه جنوبی بینالود و شمال شهر نیشابور	تراستی	چند شاخه‌ی دارای فرعی به طول ۳۶ کیلومتر	اصلی ۸۰ ۱۱۶	NW-SE
۱۰	گسل موشان Mushan F.	در امتداد گسل شمالی نیشابور	تراستی	–	حدود ۶۰	NW-SE
۱۱	گسل کال شور KAL_E_shur F.	در جنوب شرق شهر نیشابور که به گسل موشان می‌پیوندد	تراستی	–	حدود ۳۵	تقریباً شرقی غربی با قوس اندک به سوی جنوب

– تهیه و تنظیم از نگارنده با اقتباس از بربریان و همکاران، ۱۹۹۹.

این گسل‌ها، در مورفولوژی ساختمانی، درّه‌های کوهستانی، دامنه‌ها،سطوح پایکوهی، مخروط‌افکنه‌ها و تقطیع آنها، پیدایش چشمه‌ها، و سایر لندفرم‌های منطقه، نقش مهم و اساسی را ایفا نموده و می‌نمایند. از جمله فروافتادگی دشت و چاله‌ی مجاور چشمه گرو می‌تواند بیانگر عملکرد و حرکت قائم گسل سنگ بست شاندیز باشد.

ژئومورفولوژی اقلیمی و دینامیک‌های بیرونی منطقه‌ی مورد مطالعه را باید بر اساس داده‌های آب‌و هوایی ایستگاه سینوپتیک مشهد تحلیل نمود، زیرا ناحیه‌ی چشمه گرو فاقد ایستگاه بوده و از طرفی نزدیک به شهر مشهد است. بر اساس اندک تغییری در داده‌های اقلیمی و جوّی ایستگاه مشهد،می‌توان گفت آب وهوای این منطقه از نوع نیمه خشک با زمستان‌های سرد و نسبتاً طولانی است. میانگین دمای سالانه‌ی آن ۱۳/۸۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و میانگین‌های کمینه و بیشینه‌ی سالیانه‌ی آن هم به ترتیب ۸/۶۷و ۲۱/۸۳ درجه‌ی سانتی‌گراد می‌باشد. میزان تبخیر و تعرّق بالفعل و بالقوّه سالیانه به ترتیب ۱۳۹/۵ و ۲۱۰۰/۲۸ میلی‌متر، و میانگین رطوبت نسبی روزانه در طیّ سال ۵۱/۷۸ درصد برآورد شده است. میانگین بارش سالیانه ۲۴۵/۷ میلی‌متر و میانگین تعداد روزهای یخبندان هم ۶۶/۲۵ روز به دست آمده است. بنابراین ناحیه‌ی چشمه گرو از دیدگاه ژئومورفولوژی اقلیمی در منطقه‌ی مورفوکلیماتیک نیمه‌خشک (مورفودینامیک پدیمانتاسیون) واقع شده و لذا تحوّل مورفولوژیکی آن در طول پلئیستوسن بر اثر دخالت عوامل مختلف فرسایشی (کاوشی وتراکمی) صورت گرفته است. وجود یک ناودیس معلّق در حدود یک کیلومتری غرب و شمال غرب چشمه گرو، بیانگر حضور فرسایش کاوشی شدید پلئیستوسن در منطقه است. همچنین وجود آبرفت‌ها، پادگانه‌های آبرفتی، و لندفرم‌های حاصل از عملکرد چشمه گرو نیز از مهمترین یادگارها و شواهد ژئومورفیک مربوط به فرسایش تراکمی در منطقه به شمار می‌آیند.

در واقع، در این منطقه علاوه بر عملکرد فرایندهای آغازین، آب‌های جاری قدرتمند (مربوط به دوره های سرد و بارانی) مسؤول اصلی تغییر و تحوّل ناهمواری‌های منطقه به شمار می‌آیند (زمردیان ، ۱۳۸۵: ۳۴، محمودی ۱۳۶۷: ۲۶)، در حال حاضر، مورفولوژی و لندفرم‌های این محل تغییرات چندانی را تجربه نمی کنند.

هیدروژئومورفولوژی و لندفرم‌های چشمه‌گرو

ازدیدگاه هیدرولوژی و منابع آب، منطقه‌ی چشمه گرو در حوضه‌ی آبریز کال شور قرار گرفته ورودخانه‌ی کال شور تنها زهکش مهم و معتبر ناحیه به شمار می‌آید، که البته آن هم از نوع رودهای فصلی بوده و آب آن نیز به دلیل حضور سازندهای نئوژن، شور و دارای املاح گوناگون است. بدیهی است که به دلیل وجود سازندهای مذکور، آب‌های زیرزمینی منطقه، نه به خوبی تغذیه می‌شوند و نه ازکیفیت مطلوب برخوردارند. بنابراین چشمه گرو، مهمترین منبع آبی محلّی به شمار می‌آید که آن نیز تا حدّی لب شور و اندکی ترش مزه است.

ناحیه‌ی چشمه گرو، درواقع در برگیرنده‌ی تعدادی چشمه است که پیدایش و فعالیّت آنها به کواترنر نسبت داده می‌شود. این چشمه‌ها در ردیف و گروه چشمه‌های آبگرم قرار می‌گیرند، زیرا اولاً دارای تراورتن زایی با حجم بسیار بالایی هستند، و چنین حجمی از رسوب‌های تراورتن معمولاً و عمدتاً توسط آب‌های گرم برجای گذاشته می‌شود و دراین خصوص آب‌های گرم نسبت به آب‌های سرد فعّال‌ترانـد. ثانیاً آب این چشمه‌ها در طول فصل زمستان نه تنها یخ نمی‌زنند، بلکه گاه از خود بخار متصاعد می‌کند. (خواصّ و ویژگی‌های هیدرولوژیک و فیزیکوشیمیایی آب این چشمه‌ها در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.)

آب چشمه گرو از دسته آب‌های کلرورسدیک آهن‌دار و هیپوترمال با باقی‌مانده‌ی خشک زیاد و PH اسید می‌باشد. وجود املاح کلروروسولفات فراوان و نیز کربنات به حدّ اشباع در آب، نشان‌دهنده‌ی ارتباط مسلّم آن با زمین غنی از این مواد است. (غفوری، ۱۳۸۲: ۱۹۵-۱۹۳).

جدول شماره ۲- ویژگی‌های آب‌شناختی و عناصر معدنی چشمه گرو

خواص و عناصر آب	نوع	نوع	چگونگی و مقدار	
			Mg/L	ME Q
عناصر	کاتیونها	کلسیم Ca^{++}	۴۷۷	۲۳/۸۵
		منیزیم Mg^{++}	۱۵۱	۱۲/۵۸
		سدیم Na^{++}	۱۶۷۹	۷۳
		پتاسیم K^{+}	۷۴	۱/۸۹
	آنیونها	بیکربنات Hco_{3}	۱۹۰۳/۲	۳۱/۲
		کلرور CL	۲۵۹۱/۴	۷۳
		سولفات So^{--}	۱۸۴/۷۶	۳/۸۵
	غیره	سیلیس Sio_{2}	۲۹/۴	
		آهن Fe^{++}	دارای آثار	
		فلوئور F^{-}	-	
		آمونیاک N	-	
		نیترات N	-	
خواص شیمیایی	PH		۶/۶	
	قلیایی تام $Ca\ Co_{3}$		۵۶۰	
	قلیایی دائم		۶۰	
	جمع کاتیون‌ها		ME Q۱۱۱/۲۳	
	جمع آنیون‌ها		ME Q ۱۰۸/۰۵	
خواص فیزیکی	هدایت الکتریکی		۹۵۰۰میکرومهوس برسانتی‌متر MmohS/ Cm	
	سختی تام		۱۵۷۰	
	سختی دائم		۷۸	
	درجه حرارت آب		۵/۲۳C°	
	دبی (حجم آبدهی و تخلیه)		متغیر و نامشخص	
خواصّ ظاهری	رنگ آب		اُخرایی	
	منظره		کدر و در مواردی شفّاف	
	مزه		ملحی و گزنده (لب شور و مایل به ترش)	
	بو		ندارد	
	حالت آب		آرام و ظاهراً بی حرکت، فاقد آشفتگی، و در برخی دهانه‌ها دارای جوشش و حباب‌های سطحی	
خواصّ درمانی	مصارف خارجی		رماتیسم، لنفاتیسم، راشیتیسم، بیماری‌های زنانگی، موضعی، ضد تورمی.	
	مصارف داخلی		بیماری‌های تنفسی (به صورت بخور)، غرغره و دوش‌بینی، عروق، صفراآور، تسکین‌دهنده، دفع موادزائد.	

تنظیم از نگارنده، با اقتباس از غفوری، ۱۳۶۶.

در واقع تمامی سازندهای منطقه‌ی تحت پوشش چشمه‌های گرو، بیانگر وجود و عملکرد چشمه‌هایی است که در طول کواترنر رسوب‌های متورّق تراورتنی را بر جای گذاشته‌اند. این رسوب‌ها عموماً کربناته و با املاح آهن همراه‌اند. از سوی دیگر چون آب‌های تشکیل‌دهنده این رسوب‌ها دارای گاز فراوان بوده، لذا در مقطع سنگ‌ها، حفره‌ها و خلل و فرج زیادی (در اثر وجود حباب‌های گاز به هنگام رسوب‌گذاری) به چشم می‌خورد. به عبارت دیگر تراورتن‌های چشمه گرو در اثر خروج گاز و ترسیب کربنات کلسیم ایجاد شده و به همین دلیل دارای ساختمان حفره‌ای است. وجود کربنات و بی کربنات فراوان در آب این چشمه‌ها موجب شده است که در مجاورت دهانه‌ی آنها فرایند سنگ‌زایی و تحجّر (بر اثر رسوب کربنات‌ها) به صورت گسترده ای انجام گیرد.[۳] این سنگ‌زایی با پیدایش لندفرم‌هایی همراه بوده است که به تشریح آنها می‌پردازیم.

الف) مورفولوژی و تحلیل کیفی و کمّی لندفرم‌های چشمه گرو: بر اثر فعالیّت این چشمه‌ها، رسوب‌های تراورتنی متورّق و حجیمی با مورفولوژی برجسته و برآمده و به وسعت ۳۵/۸۸ هکتار روی تراس‌های آبرفتی کواترنر، در مجاورت یک دشت فروافتاده پدید آمده، که از نظر ژئومرفولوژی بسیار جذّاب و در خور توجّه‌اند. بر اساس بررسی‌های میدانی و مطالعه‌ی تصاویر ماهواره‌ای منطقه (گوگل‌ارتس، ETM + ۲۰۰۲)، سه توده تراورتن تقریباً مجزّا و مستقل در امتداد شرق به غرب ناحیه‌ی چشمه گرو حضوریافته که به صورت پیکره‌های حجیم مدّور و مایل به بیضی خودنمایی می‌کنند.

توده مرکزی، حجیم‌تر، دارای رخنمون وسیعتر (۲۴/۸۸ هکتار)، و فعّال است. در حالی که دو توده‌ی دیگر ظاهراً قدیمی‌تر، خاموش و غیرفعّال (فاقد چشمه) بوده و از نظر حجم و وسعت به مراتب کوچکتراند، به گونه‌ای که وسعت توده‌ی غربی ۶/۳ و دیگری ۴/۷ هکتار است.[۴]

نگاره‌ی شمار ۱. مورفولوژی مخروط‌های شماره ۱ و ۲و ۳



توده‌ی اصلی و مرکزی که در حال حاضر فعّال است،از نظر مورفوژنز و تشکیل لندفرم کاملاً متفاوت‌تر از دو توده‌ی دیگر بوده و پدیده‌های ژئومورفیک بسیار جالب و استثنایی را به نمایش گذاشته است. در این پیکره، ۷ مخروط و ۱۱ دهنه‌ی چشمه نمایان است، که تقریباً بیشتر آنها فعّال و دارای ویژگی‌های ژئومورفولوژیک خاصّی به شرح زیر هستند:

۱. ریخت‌شناسی و مکانیسم تشکیل مخروط‌ها: همان گونه که اشاره شد، چشمه‌های این ناحیه، در پیکره‌ی اصلی و مرکزی، ۷ مخروط ساخته‌اند که ۳ مخروط آن کاملاً مشخص و برجسته بوده و به شکل مخروط‌های آتشفشانی با دهانه‌ی کراتری خودنمایی می‌کند. برخی از این مخروط‌ها دارای مورفولوژی کاملاً واضح بادامنه‌های تقریباً قرینه و کراتر کاملاً تیپیک هستند(مخروط شماره ۱) و گروهی از آنها (مخروط‌های شماره ۲ و ۳) مورفولوژی پست و ملایمی شبیه به شیلد ولکان دارند. برخی از این مخروط‌ها در درون خود دارای حوضچه‌ی آب و بعضی فاقد آب و خشک هستند.

نگاره‌ی شماره ۲. مورفولوژی دهانه‌ی کراتری مخروط شماره ۱



در این جا به تشریح مخروط شماره ۱ می‌پردازیم:

بزرگترین، حجیم‌ترین و برجسته‌ترین مخروط تراورتنی چشمه گرو، در شمال شرق توده‌ی اصلی و مرکزی، و در عرض جغرافیایی ″۱۴/۵ و ′۵۹ و °۳۵ شمالی و طول جغرافیایی ″۱۲ و ′۳۸ و °۵۹ شرقی شکل گرفته است. این مخروط از بیرون شبیه مخروط‌های آتشفشانی بوده و همانند آنها دارای دهانه‌ی قیفی شکل است که کاملاً به صورت یک کراتر خودنمایی می‌کند. در داخل این کراتر و در عمق تقریباً ۷ متری یک حوضچه‌ی آب وجود دارد که در واقع مظهر چشمه است. سطح مقطع فوقانی کراتر تقریباً به شکل دایره نسبتاً قرینه است که البته قطر شمالی- جنوبی آن ۱۵/۹ متر و قطر شرقی- غربی‌اش ۱۸/۹ متر است. در حالی که سطح مقطع حوضچه‌ی درون کراتر به شکل بیضی نزدیک‌تر بوده و قطر بزرگ آن در جهت شرقی- غربی ۶/۹ متر (در مواقع پرآبی) و ۶ متر (در فصول کم‌آبی) است. در حالی که قطر کوچکش ۵/۴ متر (در فصول تر سالی) و ۴/۵ متر (در مواقع کم‌آبی) است.[۵] بنابراین می‌توان گفت که شکل و ابعاد این حوضچه کراتری برحسب فصول مختلف سال متغیّر است. به عنوان مثال در فاصله‌ی زمانی بازدیدهای میدانی به عمل آمده (۸۵/۷/۲۸ و ۸۶/۳/۲۱) سطح

آب حوضچه در حدود ۱ متر بالا آمده و در تاریخ ۸۶/۵/۳۱ مجدّداً به همان میزان پایین رفته بود. داغ آب کنار حوضچه، این نوسان را به خوبی نمایان ساخته است. عمق آب این حوضچه نامشخص است و به احتمال زیاد به مجاری انحلالی و کارست گونه‌ی زیرزمینی راه دارد و امکان شناسایی و ارزیابی آن هنوز ممکن نشده است. در ضلع جنوبی حوضچه، یک دهانه‌ی غاری شکل با سطح مقطع تقریباً ذوزنقه‌ای وجود دارد که عرض قاعده‌ی آن حدود ۳ متر است. این غار در واقع نقطه‌ی خروج آب حوضچه و ارتباط آن با مجاری زیرزمینی و احیاناً سایر چشمه‌ها و دهانه‌های منطقه است. دهانه‌ی این غار نیز به هنگام بالا آمدن آب حوضچه‌ی کراتری، ناپدید و غیرقابل دید است. ارتفاع سقف یا ضلع فوقانی غار نسبت به سطح آب حوضچه در مواقع کم‌آبی در حدود ۶۰ سانتی‌متر است.

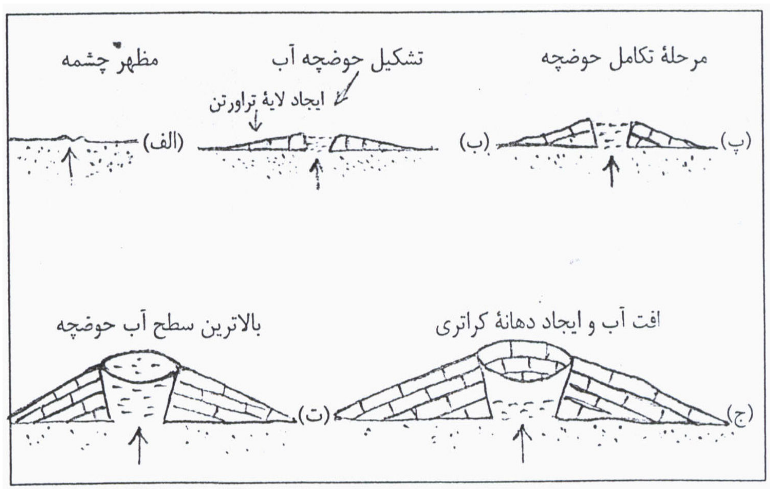
در واقع این مخروط و دیگر مخروط‌های حاصل از عملکرد چشمه گرو، از لایه‌های تراورتن با ضخامت‌های مشخّص و در عین حال متفاوت تشکیل شده است. نه‌تنها ضخامت لایه‌ها، بلکه تعداد آنها نیز متفاوت است. مثلاً در مخروط اصلی، در ضلع و جداره‌ی شمالی دهانه‌ی کراتری، ۷ لایه، در جداره‌های غربی و شرقی ۵ لایه، و در جداره‌ی جنوب، جنوب غربی ۴ لایه به چشم می‌خورد. به‌نظر می‌رسد موقعی که سطح حوضچه هم‌تراز با لایه‌های فوقانی بوده، آب آن از جداره‌ی جنوب جنوب غربی سرریز می‌شده است. ضخیم‌ترین لایه، مربوط به خارجی‌ترین لایه (در قسمت فوقانی و جداره‌ی جنوبی) بوده و ۱/۵ تا ۲ متر ضخامت دارد. این درحالی است که در ضلع شمالی کراتر، لایه‌های به مراتب نازکتر با ضخامت چند سانتی‌متر به چشم می‌خورد. این ضخامت‌های مختلف بیانگر این واقعیّت است که میزان دبی و فعالیّت تراورتن زایی و رسوب گذاری چشمه گرو در مقاطع زمانی مختلف، متفاوت بوده است. از طرفی این لایه‌های تراورتنی دارای سطوح انفصال هستند و به این ترتیب شباهت مخروط(ها) را به مخروط‌های آتشفشانی استراتو ولکان(۶) گوشزد می‌نماید. علاوه بر ضخامت و تعداد لایه‌های درون کراتر، شیب کورنیش‌ها و رخنمون آنها نیز با یکدیگر متفاوت است. به گونه‌ای که پرشیب‌ترین جداره و لایه در ضلع جنوبی دهانه قرار دارد و دیواره‌ای به ارتفاع ۵/۲ متر و شیب نزدیک به قائم (در حدود ۸۰° درجه) را در بالای غار حوضچه به وجود آورده‌اند. در حالی که شیب ضلع مقابل آن (جداره‌ی شمالی کراتر) تقریباً ملایم و در حدود ۴۵° درجه است. این لایه‌ها دارای درز و شکاف‌های افقی، قائم و مورّب بوده که برخی از آنها (درز و شکاف‌های افقی) مربوط به سطوح لایه‌بندی‌اند و درز و شکاف‌های قائم و مورّب نیز می‌تواند حاصل اعمال تکتونیکی و هوازدگی مکانیکی و امثال آن باشد. در

پایین‌ترین لایه که داغ آب را نشان می‌دهد و گاه در زیر آب فرو می‌رود شیارهایی به موازات خطوط تراز و به صورت لاپیه‌های سطحی خودنمایی می‌کنند و آثاری از رنگ سفید که مربوط به کلسیت است در آن دیده می‌شود.

ساختار تشکیل این مخروط و مخروط‌های دیگر چشمه گرو را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که: پس از ایجاد چشمه در پی‌سنگ اوّلیّه و احتمالاً هم سطح با زمین (شکل شماره‌ی ۲-الف)، اولین لایه(ها) از جنس تراورتن پیرامون مظهر چشمه رسوب نموده و در مرکز آن نیز حوضچه‌ی آب کوچکی شکل می‌گیرد (ب) آن‌گاه با بالا آمدن سطح آب در حوضچه‌ی مذکور، لایه‌ی بعدی نیز ترسیب می‌شود (پ) سپس با افزایش مجدّد سطح آب حوضچه، لایه‌ی سوم هم تشکیل می‌شود و طبعاً وسعت و عمق حوضچه نیز به طور هم زمان و به‌تدریج گسترش می‌یابد. (ت) . این فرایند تا تشکیل لایه‌ی هفتم همچنان تکرار می‌شود، ولیکن چون سرریز حوضچه از بخش جنوبی چشمه صورت می‌گرفته، این عمل، مانع از تشکیل لایه‌های ۵ و ۶ و ۷ در ضلع جنوب جنوب غربی مخروط شده است. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که در دوره‌های ترسالی، به‌ویژه در دوره‌های بارانی کواترنر، سطح آب زیرزمینی این ناحیه همانند سایر نواحی ایران، در مقاطع زمانی مختلف دائماً بالا می‌آمده و به تبع آن آب چشمه و سطح حوضچه(ها) هم افزایش می‌یافته و لایه‌های تراورتنی مزبور پیرامون دهانه و مظهر چشمه(ها) رسوب می‌کرده است. درواقع ایجاد رسوب‌های متورّق کربنات‌های کرم‌رنگ در اطراف مظهرها، به‌ویژه در برخی از نقاط، دهانه‌ی خروجی را مرتب به ارتفاع بالاتری می‌برده و در زیر مظهر محفظه‌ی عظیمی که در آن آب جمع می‌شده، به وجود آمده است.

پس از سپری شدن دوره‌های بارانی و استقرار شرایط اقلیمی عهد حاضر (هولوسن) و کاهش بارندگی‌ها، سطح آب زیرزمینی ناحیه پایین می‌رود و به تبع آن سطح آب حوضچه(ها) هم فروکش می‌کند تا به سطح کنونی خود می‌رسد.[۷] در نتیجه مخروط‌هایی با دهانه‌ی کراتری و حوضچه‌ای فروافتاده در درون آنها و بعضاً مخروط‌هایی فاقد آب به شکل امروزی؛ باقی می‌ماند (شکل شماره ۲-ج)

شکل شماره‌ی ۲- نمایش مکانیسم و مراحل شکل گیری مخروط‌های چشمه گرو



بررسی تصویر ماهواره‌ای منطقه (ETM +۲۰۰۲)، نشان می‌دهد که نتیجه‌ی نهایی تراورتن‌زایی، علاوه بر پیدایش مخروط‌های مذکور، ایجاد توده‌های حجیم و وسیع تراورتنی است که ضخامت و ارتفاع آنها به چندین ده‌متر می‌رسد. چرا که بر اساس تصویر مورد اشاره، ارتفاع نقاط هم‌جوار چشمه گرو در شمال و شمال غرب منحنی میزان ۱۳۰۰ متر را نشان می‌دهد و منحنی میزان جنوب چشمه دارای ارتفاع ۱۲۰۰ متر است. البته این توده‌های تراورتنی به ارتفاع ۱۳۰۰ متری نزدیکتراند. این درحالی است که با استفاده از GPS دستی در عملیّات میدانی، ارتفاع قلّه‌ی بزرگترین مخروط منطقه (مخروط اصلی) ۱۳۲۹ متر به دست آمد و سطح آب حوضچه‌ی داخل کراتر آن ارتفاع ۱۳۲۰ متر را نشان داد. که البته با درنظرگرفتن ضریب خطای دستگاه باید اختلاف ارتفاع رأس مخروط و سطح حوضچه در حدود ۷ متر باشد.

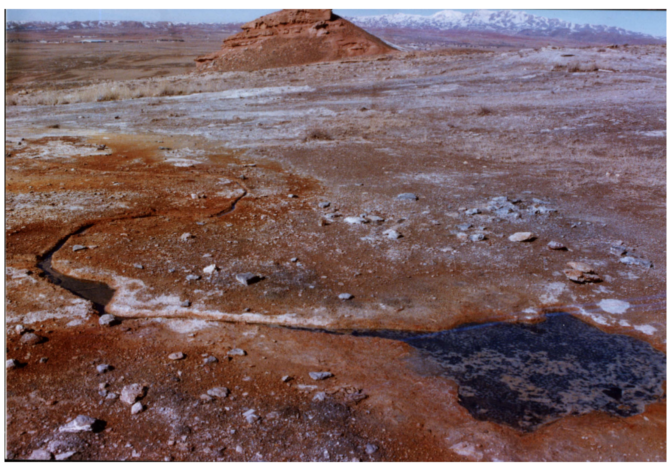
نگاره شماره ۳. تصویر مخروط اصلی چشمه گرو



۲. مورفولوژی مینیاتوری مظهر و دهانه‌ی چشمه‌ها- در منطقه‌ی چشمه گرو، علاوه بر مخروط‌های تراورتنی، ۱۱ دهنه‌ی چشمه با ابعاد سانتی‌متریک و دسی متریک وجود دارد که فاقد مخروط و در عین حال از نظر میکروژئومورفولوژی دارای اشکال و لندفرم‌های جالب و منحصر به فرد هستند. مظهر این دهانه‌ها معمولاً به شکل مدوّر، بیضی، نامنظّم و مضرّس و در مواردی نیز شبیه به گلابی و امثال آن است. حفره‌ی آنها غالباً مایل و عمق آنها از ۲ تا ۵۰ سانتی‌متر متغیّر است. آنهایی که عمیق‌تراند، در انتها و قسمت زیرین به حفره‌ها و فضاهای بازتری می‌پیوندند و به نظر می‌رسد در زیر زمین به یکدیگر مرتبط‌اند، از این رو، احتمال فرونشینی آنها می‌رود. در همه‌ی آنها آبی به رنگ اُخرایی در حال جوشش و خروج است. این دهانه‌ها را از نظر ا بعاد سطحی می توان به دو گروه تفکیک نمود. یک گروه شامل دهانه‌هایی با سطح مقطع کوچک و مینیاتوری می‌شود که دارای قطری در حدود۵ تا ۶ و حداکثر ۴۰ سانتی‌متراند. گروهی دیگر که تعداد آنها به ۳ دهنه می‌رسد، دارای قطری در حدود ۶۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر هستند. سرریز آب این چشمه‌ها پس از خروج از دهانه، در سطوح تراورتنی تقریباً کم‌شیب جریان‌های ظریف مآندری را ایجاد کرده است. ا ین جریان‌های مآندری دارای عرض متوسط

۶ تا ۱۵ سانتی‌متراند، که در برخی نقاط به صورت آپاندیسی عریض‌تر شده‌اند. طول آنها در حدود چند متر و عمق‌شان نیز از ۲ تا ۵ سانتی‌متر متغیّر است. از آن جا که دبی و حجم آب این جریان‌های مآندری کم است و شیب زمین نیز بسیار کمتر و در حدّ افقی است، لذا باید آنها در نتیجه‌ی عمل انحلال به وجود آمده باشند نه در اثر حفر جریان سطحی. این دهانه‌ها عمدتاً در جنوب، جنوب غرب مخروط‌های تراورتنی قرار گرفته‌اند و ارتفاع آنها تقریباً از شمال به جنوب کم می‌شود، به گونه‌ای که بلندترین آنها با ارتفاع ۱۳۴۵ متر در بخش مرکزی توده‌ی تراورتنی اصلی واقع شده و پست‌ترین آنها در ارتفاع ۱۳۳۳ متری و در جنوبی‌ترین نقطه توده‌ی تراورتنی مذکور قرار گرفته است.

نگاره شماره۴. تصویر جریان مآندری ظریف با مقطع آپاندیسی که عریض تر شده



۳. مورفولوژی ریز آبشارها و حوضچه‌های کندویی پلکانی- در منطقه‌ی چشمه گرو و در بخش توده‌ی تراورتنی مرکزی و اصلی، تقریباً از شمال به جنوب ابتدا با مخروط‌ها (چشمه‌های مخروطی)، بعد دهانه‌ها و سپس با سطح پلکانی روبرو می‌شویم. این سطوح پلکانی که در جنوبی‌ترین قسمت منطقه قرار گرفته، به دشت

فروافتاده مجاور چشمه گرو مشرف هستند. این سطوح بر اثر انباشت و تراکم لایه‌های تراورتنی ناشی از فعالیّت چشمه‌ها شکل گرفته‌اند و به صورت پلکان‌هایی خودنمایی می کنند که تعداد آنها به طور متوسط حدود ۱۰ پلکان، هر کدام به عرض ۲ متر و با ارتفاع متوسط ۳۰ تا ۵۰ سانتی‌متر می‌باشد. در سطح فوقانی هر پلکان حوضچه‌هایی بسیار کم‌عمق (با عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متر) با ابعاد دسی متری و سانتی‌متری و به شکل لانه زنبوری (کندویی) به چشم می‌خورد که در فصول مرطوب و اوج فعالیّت چشمه‌ها در آنها آب جمع می‌شود و سرریز آنها به صورت آبشارهای مینیاتوری با جریانی آرام از سطوح پلکانی فرو می‌آیند و به سوی دشت جاری می‌شوند.

نگاره شماره ۵. زیرآبشارها و حوضچه های کندویی پلکانی



جدول شماره ۳- مشخّصات مورفومتری مخروط های تراورتنی و دهانه‌های فاقد مخروط [۸]

نوع مظهر چشمه	شماره	طول و عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)	قطر دهانه (m و cm)	تعداد لایه (N)	ضخامت هر لایه (cm)	مورفولوژی و شکل
مخروطها	۱	*La=۳۵°و۵۹′و۱۴/۵″ Lo=۵۹°و۳۸′و۱۲/۱″	۱۳۲۹	۱۸/۹ × ۱۵/۹	۴ تا ۷	حداکثر ۵۰ تا ۲۰۰	مخروط برجسته، مدور منظم و قرینه، به حالت استراتوولکان
	۲	La=۳۵°و۵۹′و۱۰/۵″ Lo=۵۹°و۳۸′و۴/۶″	۱۳۳۳	۲	۴ تا ۵	۴۰	مدور منظم به حالت استراتو و لکان
	۳	La=۳۵°و۵۹′و۹/۷″ Lo=۵۹°و۳۸′و۴/۱″	۱۳۳۲	۲/۵×۱/۵	۲	۱۲۰	بیضی به حالت استراتوپست
	۴	La=۳۵°و۵۹′و۱۱″ Lo=۵۹°و۳۸′و۴″	۱۳۴۰	۵×۳	۱	۳۰	مضرّس و نامنظّم و پست
	۵	La=۳۵°و۵۹′و۱۳/۱۱″ Lo=۵۹°و۳۷′و۱۳/۱۱″	۱۳۴۶	۲ × ۱/۴	۲	۸۰	مدوّر و پست به صورت شیلدو لکان
	۶	La=۳۵°و۵۹′و۱۳/۹″ Lo=۵۹°و۳۷′و۸/۲″	۱۳۴۶	۳ × ۲	لایه‌های متعدد بسیار نازک	چند میلی متر تا سانتی متر	بیضی
	۷	La=۳۵°و۵۹′و۱۸/۵″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۰″	۱۳۴۲	۲/۵	۱	۱۰۰	مدوّر، مخروط نیم برجسته و قرینه
دهانه‌های فاقد مخروط	۱	La=۳۵°و۵۹′و۱۴/۷″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۲/۲″	۱۳۴۰		–	عمق آب cm ۲۰	گلابی شکل
	۲	La=۳۵°و۵۹′و۱۳/۸″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۲/۹″	۱۳۴۱		–	۲۰	بیضی
	۳	La=۳۵°و۵۹′و۱۱/۷″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۴/۶″	۱۳۴۲		–	۱۵	بیضی نامنظّم
	۴	La=۳۵°و۵۹′و۸/۱″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۵/۲″	۱۳۴۵		–	۵۰	نامنظّم
	۵ و ۶	La=۳۵°و۵۹′و۵/۳″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۴/۷″	۱۳۳۹		–	–	دایره‌ی نزدیک به بیضی
	۷	La=۳۵°و۵۹′و۵″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۴/۴″	۱۳۳۸		–	۳۰	مضرّس و نامنظّم
	۸	La=۳۵°و۵۹′و۴/۴″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۵/۳″	۱۳۳۵		–	۵	مآندری
	۹	La=۳۵°و۵۹′و۴/۴″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۵/۳″	۱۳۳۵		–	–	مدوّر
	۱۰	La=۳۵°و۵۹′و۴/۶″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۴″	۱۳۳۴		–	–	جریان‌های مینیاتوری
	۱۱	La=۳۵°و۵۹′و۴″ Lo=۵۹°و۳۷′و۵۴/۲″	۱۳۳۳		–	–	–

ب) تحوّلات مورفولوژیک لندفرم‌های چشمه گرو: با توجه بـه شـرایط آب و هـوایی، و سـاختارهای زمین‌شناختی حاکم بر ناحیه‌ی مورد مطالعه، می‌توان انواع هوازدگی مکانیکی، فیزیکی، شـیمیایی و بیولـوژیکی را در پیکره‌های تراورتنی چشمه گرو مشاهده نمود، هرچنـد در ایـن میـان هـوازدگی شـیمیایی از نـوع انحـلال غلبه‌ی بیشتری یافته است. در این توده‌ها، به‌ویژه در پیکره‌ی شرقی، آثار تخریب پوست پیازی به خوبی آشـکار است و این ناشی از سلطه‌ی فراینـد ترموکلاسـتی و کرایوکلاسـتی در لایـه‌بنـدی و سـاخت ورقـی تـراورتن و نوسان‌های دمای شبانه‌روزی است. علاوه بر این نوع تخریب، مـی‌تـوان شـاهد تخریـب بلـوکی و ریـزش‌هـای تخته‌سنگی در مخروط اصلی (شماره ۱) بود که خود حاصل سـاخت لایـه‌ای سـنگ‌هـای محـل اسـت. بافـت تراورتن‌های محل نیز به فرایند هوازدگی شیمیایی از نوع انحلال اجـازه داده اسـت تـا حفـره‌هـای تـافونی را بـر پیکره‌ی این سنگ‌ها حک کند. همچنین هوازدگی بیولوژیکی، به‌ویژه توسط گـل‌سـنگ‌هـا، آثـار خـود را بـر سطوح صخره‌ای جبهه‌ی شرقی، آشکار نموده است. این نوع هوازدگی رنگ سطحی تراورتن‌ها را به صـورت لکّه‌های رنگی (نارنجی، خاکستری، سیاه و ...) پوست پلنگی تغییر داده است. از طرفی در این بخش می‌توان آثـار فرسایش دیفرانسیل (تفریقی) و سقوط قطعاتی از تراورتن را به صورت ریزش تخته سنگی[۱] شاهد بود، و این نیز ناشی از ساختار لایه‌ای تراورتن است. در حال حاضـر در تـوده‌ی شـرقی، عملیّـات معـدن‌کـاری و برداشـت از تراورتن‌ها صورت می‌گیرد و به این ترتیـب مـی‌تـوان نقـش انـسان و عوامـل آنتروپوژنیـک را در تغییـر شـکل لندفرم‌های ناحیه گوشزد نمود. البته باید این نکته را به مسؤولان و تصمیم‌گیرندگان هـشدار داد کـه یـک‌چنـین لندفرم‌ها و اشکال استثنایی ژئومورفولوژی را باید به عنوان میراث علمی و فرهنگی تلقّی نمایند و از این رو مجوّز بهره‌برداری از چنین مکان‌هایی را به راحتی صادر ننمایند.

پ) منشأ پیدایش وژنز چشمه گرو: در مورد زایش، تکوین، و علل پیـدایش چـشمه‌گـرو و لنـدفرم‌هـای مربوط، اظهارنظرها و فرضیّه‌های گوناگون مطرح شده که برخی از آنها به شرح زیر است:

۱. گروهی، به دلیل مورفولوژی مـنظّم مخـروط‌هـا و وجـود دهانـه‌هـای کراتـری، آن را بـه "فعّالیّـت‌هـای ولکانیکی" نسبت داده و در فهرست پدیده‌های آتشفشانی می‌گنجانند. ایـن گـروه بـر ایـن باورانـد کـه پـس از پیدایش مخروط‌های مذکور و متوقّف شدن فعالیّت‌های ولکانیکی، تجمّـع آب در دهانـه‌ی کراتـری منجـر بـه تشکیل حوضچه‌های آب شده است.

۱. Rockfall

۲. برخی دیگر، مشابه با فرض نخست، چشمه گرو را جزو چشمه‌های آب گرم با منشأ آتشفشانی می‌دانند و آن را به آب‌های ژوونیل نسبت می‌دهند.

در پاسخ به فرض اول و دوم، مطالعات و بررسی‌های پالئوژئوگرافیک و پالئوژئومورفیک، نشان می‌دهند که در این منطقه، فعّالیّت‌های آتشفشانی جدیدی که بتواند مخروط‌های مذکور و یا چشمه‌های آب گرم را پدید آورند، رخ نداده است. از طرفی نمی‌توان این چشمه‌ها را به توده‌های گرانیتی و گرانیتوئیدی (گرانیت‌زایی) جنوب شرق مشهد نسبت داد، زیرا توده‌های گرانیتی مذکور مربوط به هرسینین (حدود ۳۰۰ میلیون سال پیش) بوده و بسیار قدیمی‌اند و ریشه‌ی آنها با ماگما و منبع حرارت زیرزمینی قطع شده است.

۳. بعضی دیگر از اندیشمندان علوم زمین، پیدایش چشمه گرو را با "کارستیفیکاسیون" مرتبط دانسته، و آن را به فرایندها و لندفرم‌های کارستی نسبت می‌دهند. در خصوص این فرض نیز باید بگوییم که اگرچه تراورتن‌های چشمه گرو حاصل نوعی فعل و انفعالات مشابه با هوازدگی شیمیایی، به ویژه انحلال و خورندگی است، اما این فرض به دلایلی قابل تردید و غیرقابل اثبات است، از جمله این که در این منطقه سازندهای آهکی و کارستی حضور ندارند و ضخامت کم تراورتن‌ها و وجود پی‌سنگ آبرفتی (تراس‌های قدیمی) و کنگلومرایی این فرض را به چالش می‌کشاند.

۴. این فرض نیز از سوی معدودی مطرح است که پیدایش دهانه‌های کراتری در مخروط‌های چشمه گرو، حاصل برخورد "شهاب سنگ‌های کوچک مقیاس" بوده که بعدها چشمه‌هایی از درون و کف آنها جوشیده است. فرضیه‌ی شهاب‌سنگی نیز با این استدلال رد می‌شود که عبور و سقوط شهاب‌سنگ‌ها از جوّ زمین بسیار نادر و استثنایی و معمولاً در مقیاس کلان انجام می‌گیرد. بنابراین در محلّ چشمه گرو حضور ۷ مخروط با دهانه‌های کوچک (در ابعداد متریک و هم‌جوار با یکدیگر) نمی‌تواند مؤیّد سقوط ۷ شهاب‌سنگ با ابعاد کوچک و در مقیاسی محلّی باشد.

۵. فرض پنجم بر این اصل استوار است که چشمه گرو از نوع "چشمه‌های گسلی تراورتن‌زا" با مورفولوژی استثنائی و ویژه، به شمار می‌آید. برای اثبات این فرض می‌توان به دلایل زیر استناد نمود.

اوّل این که، براساس مفاهیم مبانی نظری و تئوریک و انطباق آنها با ویژگی‌ها و مشخصات چشمه گرو، ما در این منطقه با پدیده‌ی تراورتن‌زایی در مسیر گسلش روبرو هستیم. درواقع به تراورتن‌زایی در ارتباط با

تکتونیک، "تراورتونیک"[1] می گویند و این فرایند از شواهد فعّال بودن گسل‌ها در کواترنر است. بدین گونه که در مناطق گسلی، هنگامی که امتداد شکستگی (سطح یا صفحه‌ی گسل) به سطح زمین رسیده باشد، آب‌های زیرزمینی در امتداد این شکستگی به سمت بالا حرکت نموده و به صورت چشمه یا چشمه‌هایی ظاهر می‌شود. اگر این آب‌ها حاوی املاح Ca Co۳ (کربنات کلسیم) باشند، به دلیل کم شدن فشار آب در سطح زمین (نسبت به اعماق) و نیز گرم شدن آب آن نسبت به زیرزمین، این املاح به صورت لایه‌های تراورتن راسب می گردند. اگر مدّت زیادی از رسوب گذاری بگذرد، این تراورتن‌ها از سیستم تبلور اورتورومبیک (در تراورتن) به سیستم تبلور رومبوئدر (در آهک) تبدیل می‌شوند (پتی‌جان، ۱۹۷۵: ۱۵۵). درواقع تراورتن‌های عصر حاضر، از آراگونیت (کربنات کلسیم نسبتاً نرم و سفیدرنگ با سیستم تبلور اورتورومبیک) غنی بوده، و لیکن در اثر تبلور مجدّد به کلسیت تبدیل می‌شوند (قنبری، ۱۳۷۸: ۴۷۵). همچنین در مناطق گسلی و برشی، سنگ‌ها خرد شده و رسوب-های آنها همراه با نفوذ آب‌های گرم زیرزمینی، (۹) دگرسان شده، تغییر رنگ می‌دهد و به صورت لایه‌های ضخیم تراورتنی به رنگ خاکستری متمایل به زرد و یا زرد در مظهر چشمه رسوب می کند (رسوب گذاری کربنات‌ها در اثر خروج گاز Co۲ انجام می گیرد).

با استناد به موارد و مطالب بالا و انطباق آنها با چشمه گرو، و این که سنگ‌های چشمه گرو از نوع تراورتن‌های ضخیم لایه و زردرنگ و مربوط به کواترنر هستند، (۱۰) این چشمه و آثار آن از نوع چشمه‌های گسلی است.

دوم آن که، با توجه به جدول شماره ۱، گسل‌های متعدد و عمده‌ای در منطقه وجود دارد و خود حاکی از تکتونیزه بودن این ناحیه است. چشمه گرو و لندفرم‌های آن تقریباً در انتهای امتداد جنوب شرقی سیستم گسلی سنگ بست شاندیز، گسل بینالود، و گسل کال شور، (یعنی جایی که این گسل‌ها به یکدیگر نزدیک شده و یا به هم می‌پیوندند) واقع شده و این دلیل قاطعی برای گسلی بودن چشمه گرو است. به عبارت دیگر، درست در جایی- که امتداد شکستگی‌ها یا گسل‌های مذکور به سطح زمین رسیده و آب زیرزمینی توانسته است به سمت بالا حرکت نماید (طبق نظریه‌ی پتی جان)، این چشمه‌ها ظاهر شده‌اند. شیب عمومی دشت کشف رود و لایه‌های رسوبی آن (به سوی جنوب شرق)، و شیب فرود محوری بینالود به سوی چشمه گرو نیز نمی‌تواند بی‌ارتباط با شیب امتداد گسل‌های مذکور (در سطح یا کف گسل) باشد و لذا فرایند بالا را تقویت و تأیید می کند.

۱. TraverTonic.

دلیل سوم برای اثبات گسلی بودن چشمه گرو این است که مخروط‌های هفت گانه و دهانه‌های یازده‌گانه‌ی چشمه گرو تقریباً در یک امتداد و در یک راستا و نیز در مجاورت با یکدیگر قرار گرفته‌اند. این امتدادها تقریباً منطبق با امتداد خطواره‌ی گسل‌ها و سیستم‌های گسلی مزبور هستند. موقعیّت جغرافیایی این چشمه‌ها و قرارگیری آنها در راستای یک مدار یا یک نصف‌النهار نیز می‌تواند مؤیّد این گفتار باشد (جدول شماره۳)

یادداشت‌ها:

۱- محاسبات از نگارنده با اقتباس از بربریان و همکاران، ۱۹۹۹.

۲- سیستم گسلی بینالود (اصلی‌ترین گسل بینالود) و بوژان در منتهی‌الیه جنوب شرقی (در فرود محوری کوه بینالود) اندکی پیچ خورده و به سیستم گسلی سنگ‌بست ـ شاندیز نزدیک شده و در مواردی به هم پیوند می‌خورند. درست جایی که چشمه‌ی گرو پدید آمده است.

۳- تراورتن از سنگ‌های آهکی قاره‌ای به حالت کنگرسیون دار، کم و بیش حفره‌ای، به رنگ خاکستری تا متمایل به زرد، با لایه‌بندی ضخیم است. تراورتن‌ها در محل خروج بعضی از چشمه‌ها، جریان‌های آبی کم عمق و آبشارهای کوچک (به دلیل رسوب گذاری‌ها کربنات‌ها در اثر تلاطم و آشفتگی و خروج گاز Co_2) نهشته می‌شوند. تراورتن‌های عهد حاضر غنی از آراگونیت (کربنات کلسیم نسبتاً نرم، که به رنگ سفید و در سیستم اورتورومبیک متبلور می‌شود) بوده، اما در اثر تبلور مجدّد به کلسیت تبدیل می‌شوند. حالت متخلخل و حفره دار بودن آن مربوط به ناپدیدشدن قسمتی از بقایای گیاهی تخمیر شده می‌باشد و توسط کربنات‌هایی که منشأ بیوشیمیایی دارند، پوشانده شده است (در اثر فعالیّت جلبک‌های آبی). امروزه بسیاری از تراورتن‌ها آثار گیاهی را به طور واضح نشان می‌دهند(قنبری، ۱۳۷۸: ۴۷۵).

۴- دو توده‌ی دیگر فاقد لندفرم‌های خاص بوده و فقط لایه‌های تراورتن توده شرقی به صورت یک کلاهک (باکورنیش‌هایی به ضخامت حدوداً ۳ تا ۳/۵ متر) روی نئوژن‌های زیرین خود به گونه‌ای نهشته شده‌اند که شیب لایه‌بندی آنها به سوی غرب (به سمت توده مرکزی) بوده و نسبت به دشت مجاور ۵۰ متر فرازا دارد. حجم و ضخامت لایه‌های این پیکره نسبت به توده‌ی اصلی کمتر است و در قسمت شرقی‌اش نیزلایه‌های نازک و کم‌ارتفاعی از تراورتن با رنگ روشن‌تر به چشم می‌خورد که ظاهراً مرطوب و اندکی فعّال است.

۵- اندازه‌های به‌دست آمده یک بار توسط نگارنده و یک غواّص محلّی (در ۲۷ شهریور ۱۳۸۰) و بار دیگر توسط نگارنده، آقای صالحی و خانم سمیّه جهان تیغ (در خرداد ۱۳۸۶) مورد سنجش قرار گرفته‌اند، لذا جا دارد در همین‌جا از زحمات و کمک‌های مؤثّر نامبردگان تشکر ویژه نمایم.

۶- برخی از این مخروط‌ها ارتفاعی پست دارند و به شکل شیلد ولکان خودنمایی می‌کنند.

۷- البته ممکن است محل خروج آب در طول زمان تغییر کرده و در نتیجه آب داخل دهانه فروکش کرده باشد.

۸- با تشکر ویژه از آقای صالحی و خانم جهان‌تیغ که در اندازه‌گیری‌های فوق تلاش و همکاری صمیمانه‌ای را به عمل آودند.

۹- گرم شدن آب نفوذی براثر درجه‌ی زمین گرمایی Geothermal و یا برخورد با یک پلوم ماگمایی و یا اصطکاک سطح گسلی صورت می‌گیرد.

۱۰-اگر این سنگ‌ها قدیمی‌تر می‌بودند، به سیستم رومبوئدر و سنگ آهک تغییر می‌یافتند.

منابع و مآخذ

۱. امین سبحانی، ابراهیم؛(۱۳۶۳)، *سمینار شفاهی جغرافیای (ژئومورفولوژی) ناحیه‌ای ایران*، دانشگاه شهید بهشتی.

۲. جوادی‌مهر، حسن؛ (۱۳۸۴)، *گردشگری روستایی و رهیافت‌های توسعه با تأکید بر اکوتوریسم* (مطالعه‌ی موردی، شهرستان نیشابور)؛ پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد؛ استاد راهنما: محمدجعفر زمردیان، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳. زمردیان، محمدجعفر؛(۱۳۸۵)، *ژئومورفولوژی ایران*، جلد۱، فرایندهای ساختمانی و دینامیک‌های درونی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول ۱۳۸۱، چاپ چهارم۱۳۸۷.

۴. زمردیان، محمدجعفر؛ (۱۳۸۲)، *نگرشی بر چشمه‌ها و دریاچه‌های پیرامونی مشهد از دیدگاه اکوتوریسم*، مجله‌ی جغرافیا و توسعه، پژوهشکده‌ی علوم زمین و جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان، سال اول، شماره‌ی پیاپی۲، پاییز و زمستان.

۵. عکسهای هوایی ۱:۵۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰، *سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور*، ۱۳۳۴ و ۱۳۵۳.

۶. غفوری، محمدرضا؛ (۱۳۶۶)، *شناخت آب معدنی و چشمه‌های معدنی ایران*، انتشارات دانشگاه تهران.

۷. قنبری، عباداله؛ (۱۳۷۸)، *فرهنگ علوم زمین* (انگلیسی، فرانسه، فارسی)، انتشارات فروزش، چاپ اول، بهار.

۸ محمودی، فرج‌اله، *تحوّل ناهمواری‌های ایران در کواترنر*، مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۲۳، سال بیستم، انتشارات مؤسسهٔ جغرافیای دانشگاه تهران، شهریور ۱۳۶۷.

۹. نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰، شیت مشهد سری NJ ۴۰-۱۶, K۵۵۱، و شیت تربت حیدریه سری NJ۴۰-۴, k۵۵۱، ۱۳۶۵.

۱۰. *نقشه‌های چهارگوش زمین‌شناسی*؛ مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، شیت‌های مشهد و تربت حیدریه، وزارت معادن و فلزات، سازمان زمین‌شناسی کشور، چاپ توسط تهران نقشه ۱۳۷۰، با نظارت م، منوچهری.

۱۱. نقشه‌ی گسله‌ها، *پهنه و تاریخ زمین‌لرزه‌های روی داده در چهار گوشه‌ی مشهد-نیشابور*، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، بربریان، قریشی، طالبیان، سازمان زمین‌شناسی ایران، ۱۹۹۹.

۱۲. Alavi, Mehdi; *Thrust Tectonics of Binaloud Region Ne IRAN"*, Tectonics, Vol ۱۱, No, ۲ Pages ۳۶۰-۳۷۰, Geological Survey of Iran, Tehran, April ۱۹۹۲.

۱۳. Pettijohn, F.J. *Sedimentary Rock, ۳rd edition*, (۱۹۷۵), New York.

۱۴. *Satelite Image Suhas Google Earth*, ETM + ۲۰۰۲.

مشخصات نویسنده:

دکتر محمد جعفر زمردیان، استادیار گروه جغرافیای دانشگاه فردوسی مشهد.